

新幹線の急曲線ロングレールに必要な道床横抵抗力について

東海旅客鉄道株式会社 正会員 川崎 祐征

1. はじめに

東海道新幹線は 1964 年の開業時よりロングレールをほぼ全線にわたって採用している一方、曲線半径 1000m 未満の急曲線においては現在もなお定尺レールを用いている。この理由のひとつとして、新幹線における急曲線ロングレールの敷設に必要な道床横抵抗力が明らかにされていないことが挙げられる。しかし、在来線においては急曲線ロングレールの敷設に必要な道床横抵抗力が明らかにされており、曲線半径 300m 以上の急曲線におけるロングレールが実用化されている¹⁾。

そこで、新幹線における急曲線ロングレールの可能性を検討するため、新幹線の急曲線ロングレールに必要な道床横抵抗力を在来線における検討方法を参考にして試算したので、ここにその結果を紹介する。

2. エネルギー法による座屈安定性の評価法

ロングレールが実用化された当初は最低座屈強さ（理論上座屈状態が存在しないレール軸力の最大値）をもとに道床横抵抗力を管理していた²⁾が、曲線半径が小さいほど実際の座屈荷重と最低座屈強さの差が小さく、また道床横抵抗力が実際の座屈荷重に与える影響を理論的に求めることが困難だったため、急曲線ロングレールの敷設は見送られてきた。しかし、エネルギー法による軌道座屈の解析手法³⁾が提案され、道床横抵抗力が実際の座屈荷重に与える影響が解析可能となったことを受け、在来線を対象として急曲線ロングレールに必要な道床横抵抗力が試算され⁴⁾、急曲線ロングレールの敷設が可能となった。

在来線におけるロングレール敷設に必要な道床横抵抗力を表 1 に示す。この算出式は、曲線半径 600m における軌道の座屈阻止エネルギーを基準とし、それと同等以上の座屈阻止エネルギーを確保するのに必要な道床横抵抗力をエネルギー法により求めたものである。なお座屈阻止エネルギーとは、最低座屈強さにおけるエネルギー変化量と理論上の座屈荷重におけるエネルギー変化量の差である。

上記の考え方は在来線に特有のものではなく、新幹線についてもそのまま適用可能である。そこで、曲線半径 1000m・道床横抵抗力 8.8kN/m (900kgf/m) における座屈阻止エネルギーを基準として、新幹線において急曲線ロングレールを敷設するために必要な道床横抵抗力を求めることとした。

表 1 ロングレール敷設時に必要な道床横抵抗力（在来線）¹⁾

レール種別	算出式	記 事
50kgN レール	$g_r = 23.2 + \frac{10000}{R}$	g_r : 道床横抵抗力 (N/cm) R : 曲線半径 (m)
60kg レール	$g_r = 26.8 + \frac{14000}{R}$	

3. 計算条件

新幹線の急曲線ロングレールに必要な道床横抵抗力を求める計算に用いた条件を表 2 に示す。なお、初期軌道狂いの第 1 波形および第 2 波形の区別について、第 1 波形は座屈した際の波数が 1 の場合、第 2 波形は座屈した際の波数が 2 の場合であり、第 2 波形については直線・曲線別を考慮する必要はない。

ここで、初期軌道狂いを表 2 のように設定した理由は、新幹線において 70km/h 徐行となる通り狂いは 10m 弦で 14mm 以上であり、最悪の条件を考慮して 10m 弦で 20mm 程度の通り狂いが発生しても座屈しないようにするためである。

キーワード：ロングレール，急曲線，道床横抵抗力

連絡 先：〒485-0801 愛知県小牧市大山 1545 番 33 Tel. 0568-47-5371 FAX 0568-47-5364

4. 計算結果

曲線半径 800m, 600m および 400m における道床横抵抗力と座屈阻止エネルギーの関係を図 1 に示す。なお, 図 1 中の「基準」とは, 道床横抵抗力 8.8kN/m における第 2 波形のことである。

図 1 より, 曲線半径 800m では基準となる座屈阻止エネルギーを確保できる道床横抵抗力は 9.5kN/m 以上, 同様に曲線半径 600m においては道床横抵抗力 10.5kN/m 以上である。曲線半径 400m では, 道床横抵抗力 11.5kN/m における座屈阻止エネルギーは, 温度上昇量が 93 を超えると基準を下回るが, 設定温度から 93 以上レール温度が上昇することは現実的ではないので, 道床横抵抗力 11.5kN/m を確保すれば座屈安定性には問題ないと考えられる。

以上より, 新幹線の急曲線ロングレールに必要な道床横抵抗力は表 3 のようにまとめることができる。

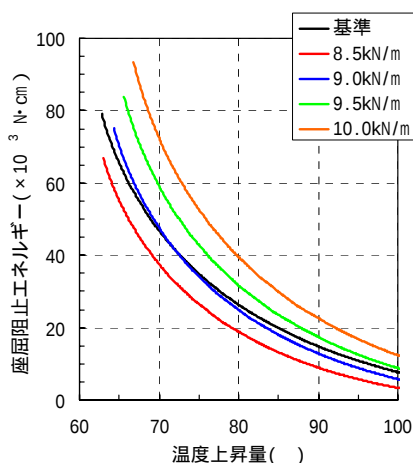
表 2 計算条件

項 目	記号	数 値	記 事
レール断面積	A	77.5 cm ²	60kg レール
レール断面 2 次モーメント (y 軸)	I_y	512 cm ⁴	
道床横抵抗力	g_0	80 ~ 105 N/cm	レール片側あたり
道床横抵抗力初期特性係数	a	0.1 cm	g_0 となる変位の 1/2
道床縦抵抗力	r_0	90 N/cm	レール片側あたり
レール締結装置回転抵抗モーメント	τ_0	0 N	考慮しない
曲線半径	R	400 ~ 1000 m	第 1 波形
初期軌道狂い (第 1 波形)	C_0	2.0 cm	10m 弦で 20mm
	L_0	500 cm	
初期軌道狂い (第 2 波形)	C_0	1.5 cm	10m 弦で 22.5mm
	L_0	750 cm	

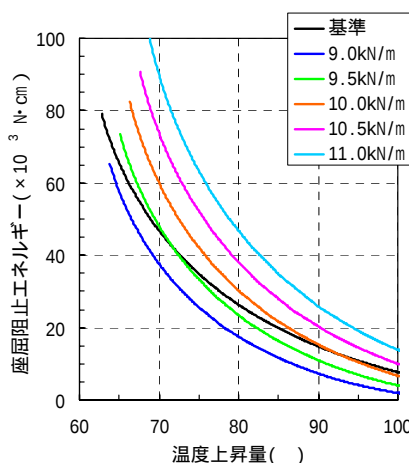
表 3 急曲線ロングレールに必要な道床横抵抗力 (新幹線)

曲線半径	道床横抵抗力 (レール片側)	道床横抵抗力 (まくらぎ 1 本あたり)
800m R < 1000m	9.5kN/m 以上	1200kgf / 本以上
600m R < 800m	10.5kN/m 以上	1300kgf / 本以上
400m R < 600m	11.5kN/m 以上	1400kgf / 本以上

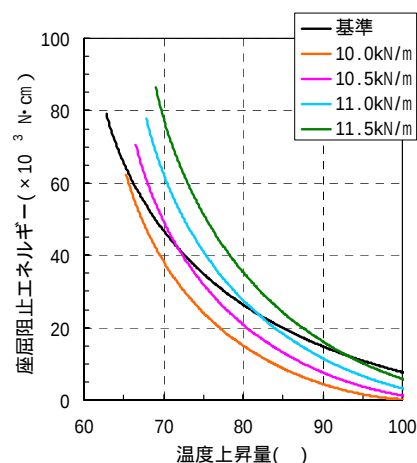
まくらぎ間隔を 58.1cm として算出



(a) 曲線半径 800m



(b) 曲線半径 600m



(c) 曲線半径 400m

図 1 道床横抵抗力と座屈阻止エネルギーの関係

5. おわりに

新幹線は総延長に対する急曲線区間の割合が低いため, 在来線のように急曲線ロングレールに対するニーズが高くないことが新幹線での急曲線ロングレールが検討されてこなかったものと思われる。しかし, 新幹線における更なる保守量低減や乗り心地向上を図ろうとするならば, 低速区間である急曲線においてもロングレール化を進めることは有効な手段である。今後も, 新幹線における急曲線ロングレールの実現可能性について, 技術的な観点および経済的な観点より検討を進めていきたい。

- 参考文献 1) 鉄道総合技術研究所 編: 「鉄道構造物等設計標準・同解説 軌道構造 [有道床軌道] (案)」, 1997 年 3 月
 2) 沼田実: 「ロングレールの座屈強さ」, 鉄道技術研究報告 No.721, 1970 年 8 月
 3) 宮井徹: 「エネルギー法による軌道座屈の数値解析」, 鉄道技術研究報告 No.1271, 1984 年 7 月
 4) 三浦重, 柳川秀明: 「急曲線へのロングレールの適用」, 鉄道総研報告 第 6 巻第 1 号, 1992 年 1 月